

# RESÍDUOS SÓLIDOS E POLUIÇÃO DAS ÁGUAS (\*)

Prof. WALTER ENGRACIA DE OLIVEIRA (\*\*)

## RESUMO

A poluição do meio ambiente — água, ar e solo, é um fenômeno que vem ocorrendo, em gravidade crescente, praticamente em quase todos os países. O controle da poluição ambiental deve ser encarado com maior seriedade, pelos nocivos efeitos da poluição na saúde e bem estar da população, pelos prejuízos econômicos que acarreta, e pelo malefícios que pode ocasionar à fauna e à flora, bem como pelos problemas sociais que pode gerar. Existe uma interrelação entre as diversas formas de poluição ambiental.

Um dos fatores da poluição das águas é devido aos resíduos sólidos — lixo. Em outras palavras, existe uma influência da remoção e disposição do lixo na poluição das águas. Após exposição do problema dos aterros sanitários e seus efeitos na poluição das águas o autor apresenta algumas recomendações para a execução de aterros sanitários, visando evitar ou minimizar os efeitos na poluição das águas. Termina concluindo que as autoridades responsáveis pelo controle da poluição das águas, em conjunto com as responsáveis pelo destino final dos resíduos sólidos — lixo devem promover estudos e pesquisas sobre a forma e condições em que se

processa a poluição das águas devido aos aterros sanitários; conclui também mencionando que os aterros sanitários só podem ser executados, após aprovação do projeto, pelas autoridades responsáveis pelo controle da poluição das águas e/ou pelas autoridades responsáveis pela saúde pública, as quais devem fiscalizar a sua execução.

## 1. INTRODUÇÃO

Oportuno, inicialmente, transcrever da publicação (7) de nossa autoria, o seguinte:

«Já tivemos ocasião de mencionar que, entre os vários problemas que desafiam a humanidade nos dias que atravessamos, se encontram os decorrentes do acentuado crescimento das populações, notadamente no meio urbano, na grande maioria dos países do mundo, e do desenvolvimento industrial em muitas regiões. Este crescimento das aglomerações urbanas e dos centros industriais, acompanhado por uma elevação de padrão de vida, de criação de novos hábitos, de evolução tecnológica, e de uma série de outros fatores, ou seja, de um maior progresso em geral, tem conduzido ao agravamento da poluição do meio ambiente; conforme muitos dizem «é o preço do progresso».

O controle da poluição do meio ambiente, envolvendo água, ar e solo, é um dos objetivos do saneamento do meio, que deve ser encarado com maior seriedade, pelos nocivos efeitos da poluição na saúde e bem estar da população, pelos prejuízos econômicos que acarreta, e pelos malefícios que pode ocasionar à fauna e à flora, bem como pelos problemas sociais que podem gerar.»

Importante assinalar a interrelação que existe entre as diversas formas de poluição ambiental; a este respeito transcrevemos a seguir um trecho de outro trabalho, também de nossa autoria (6):

(\*) Apresentado no VI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, realizado de 17 a 22 de janeiro de 1971, em São Paulo — Brasil, sob o patrocínio da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária.

(\*\*) Professor Catedrático de Saneamento do Meio, da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. Engenheiro Civil e Sanitarista. Chefe do Departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública. Presidente da Associação Brasileira de Prevenção à Poluição do Ar. Ex-Diretor da Divisão Técnica de Engenharia Sanitária do Instituto de Engenharia de São Paulo. Ex-Secretário Geral da Associação Interamericana de Engenharia Sanitária.

«O equacionamento do problema da poluição ambiental deve ser feito em conjunto, pois há muitos fatores interdependentes entre as várias modalidades de poluição; em outras palavras, a solução da poluição do ar está intimamente ligada à incineração do lixo por exemplo; a solução do destino final do lixo por aterros sanitários pode ocasionar a poluição das águas. Reforçando nosso ponto de vista transcrevemos da introdução de (4-pág. 7) o seguinte (Nota: o trabalho mencionado é o seguinte: «Investigaciones sobre Contaminación del Medio». Organização Mundial de Saúde. Série de Informes Técnicos n.º 406):

«Parece más aconsejable estudiar conjuntamente los diferentes tipos de contaminación del aire, del agua y del suelo que hacerlo por separado. No pocas veces, el aire, el agua y el suelo son contaminados por el mismo tipo de residuos.

.....

Hay otras situaciones en que la prevención de una forma de contaminación suscita otra».

Assim, poluição deve ser encarada de uma maneira bastante ampla, podendo contudo separar-se em poluição da água, do ar e do solo unicamente por exprimir uma forma mais didática de apresentação, bem como por facilitar muitas vezes o controle do problema. A título de ilustração assinalamos ainda que muitos consideram os ruídos numa comunidade como outra modalidade de poluição, ou seja, poluição acústica».

Ainda sobre o equacionamento do problema da poluição ambiental, oportuno transcrever de (5) um trecho da mensagem do Presidente Richard Nixon, enviada em fevereiro de 1970 ao Congresso Americano:

«Because the many aspects of environmental quality are closely interwoven, to consider each in isolation, would be unwise».

Nos parece de grande conveniência que países como o nosso, em fase de desenvolvimento, como países sub-desenvolvidos, devem observar com toda a atenção o que vem ocorrendo nos países mais adiantados, no tocante à degradação do meio ambiente, para evitar ou pelo menos minimizar os efeitos da poluição ambiental; ao mesmo tempo devem acompanhar os resultados dos trabalhos, estudos e pesquisas que vem sendo realizados nos países mais adiantados, no tocante ao controle da poluição ambiental, procurando aproveitá-los, com a devidas adaptações, na solução dos problemas já criados ou em potencial, com relação à poluição ambiental.

A esse respeito nos parece de grande oportunidade transcrever do prefácio da publicação (4), do Eng.º Richard D. Vaughan, Diretor do «Bureau of Solid Wastes Management» do «Public Health Service» dos Estados Unidos, se reportando a uma mensagem do Presidente Richard Nixon:

«The great question of the seventies is, shall we surrender to our surroundings, or shall we make our peace with nature and begin to make reparations for the damage we have done to our air, our land, and our water?»

Restoring nature to its natural state is a cause beyond party and beyond factions. It has become a common cause of all the people of this country.

It is a cause of particular concern to young Americans because they more than we will reap the grim consequences of our failure to act on programs which are needed now if we are to prevent disaster later.»

## 2. CONCEITOS BASICOS

### 2.1. Conceito de Poluição das Águas

Com relação ao conceito de poluição das águas julgamos oportuno citar o disposto no Decreto-Lei n.º 195-A, de 19 de fevereiro de 1970, do Governo do Estado de São Paulo, e que dispõe sobre a proteção dos recursos hídricos contra agentes poluidores.

«Artigo 1.º — Os efluentes das redes de esgotos, os resíduos líquidos das indústrias e os resíduos sólidos domésticos ou industriais somente poderão ser lançados nas águas situadas no território do Estado, interiores ou costeiras, superficiais ou subterrâneas, desde que não sejam considerados poluentes, na forma estabelecida neste decreto-lei.

.....

Artigo 2.º — Consideram-se poluentes, para os efeitos deste Decreto-Lei, os efluentes e resíduos que:

I — Constituem ameaça à saúde, segurança ou bem estar das populações, prejudiquem a vida aquática ou, ainda, alterem as características das águas receptoras, tornando-as impróprias para abastecimento ou para fins agrícolas, comerciais ou recreativas, consoante o disposto do artigo 5.º;

II — Apresentem características físicas, químicas ou biológicas em desacôrdo com os indi-

ces estabelecidos em decorrência deste Decreto-Lei».

## 2.2. Conceito de Resíduos Sólidos

Resíduos sólidos, comumente denominados lixo, podem ser conceituados como os resíduos sólidos das atividades humanas. Em complemento assinalamos que qualquer material se torna um «resíduo» quando seu proprietário ou produtor não o considera mais com valor suficiente para conservá-lo.

Esta definição de resíduo é devida ao ilustre Prof. P. H. McGauhey, da Universidade de Califórnia, Berkeley.

Os componentes do lixo são dos mais variados, como por exemplo restos de alimentos, papéis, metais, trapos, plásticos, cinzas, cadáveres ou estrume de animais, restos de varrição de vias públicas, etc. Variam de local para local, bem como em uma mesma comunidade variam de acordo com os bairros, época do ano etc.

A origem do lixo também é extremamente variada; temos assim lixo domiciliar, comercial, industrial, público, contaminado, radioativo etc. Assinalamos em particular o lixo industrial que apresenta características as mais variadas, de acordo com o tipo de indústria de onde provem.

## 3. POLUIÇÃO DAS ÁGUAS PELOS RESÍDUOS SÓLIDOS

### 3.1. Influência da remoção e disposição do lixo na poluição das águas

Inicialmente assinalamos que a remoção e disposição dos resíduos sólidos — lixo, é feita em quatro etapas: acondicionamento, coleta, transporte e destino final. Particularmente no caso do destino final dos resíduos sólidos desejamos ressaltar que o problema não se restringe tão somente à disposição do lixo bruto, como também dos resíduos do seu tratamento, como sucede no caso da incineração do lixo, em que temos que dar um destino às cinzas e escórias.

Ressaltamos também que o solo constitui o meio mais utilizado para destino final do lixo.

As etapas de acondicionamento, coleta e transporte do lixo, não influem ponderavelmente na poluição das águas, superficiais ou subterrâneas. Na coleta do lixo, quando não bem executada, ou então, não se emprega meios como o uso de sacos de plásticos ou de papel, ou então, não se utiliza veículos que empregam recipientes especiais de descarga automática os quais não são en-

contrados em nosso meio, pode algum resíduo ser jogado na via pública, e ser posteriormente arrastado com as águas de chuva ou de lavagem das vias públicas, a menos que seja antes recolhido pela varrição. No transporte do lixo pode também algum material cair do caminhão, principalmente quando não são utilizados veículos adequados. A varrição também pode contribuir para a poluição, quando os resíduos não são devidamente recolhidos, e vão ter às bocas de lobo, do sistema de galerias pluviais, ou então são arrastados com as águas de chuva pelas sargetas; naturalmente mesmo num serviço de varrição, manual ou mecânica bem executada, sempre uma parte do material, que não foi possível de ser recolhido, será arrastado com as águas de chuva ou de lavagem das vias públicas, e vai poluir principalmente as águas superficiais.

O destino final dos resíduos sólidos, lixo ou resíduos resultantes do seu tratamento, no solo, e que tem maiores implicações com o problema da poluição das águas, conforme será examinado a seguir.

### 3.2. Influência da deposição dos resíduos sólidos no solo sobre a qualidade das águas

Iremos abordar a influência da execução de aterros sanitários sobre a qualidade das águas, superficiais ou subterrâneas. Embora não tratamos da influência dos depósitos de lixo ao ar livre, prática condenada, embora muito usual, infelizmente, muitos dos princípios a seguir expostos poderão ser empregados, na conversão de depósitos ao ar livre em aterros sanitários.

Relembremos que aterro sanitário consiste na deposição de lixo no solo, em camadas separadas por terra, devidamente compactadas, adotando-se entre outras medidas, a cobertura diária do lixo, com uma camada de terra. O aterro sanitário deve ser devidamente projetado, como obras de engenharia que é, segundo cuidados e normas indicadas em obras desta natureza.

#### 3.2.1. Aterros sanitários e poluição das águas

Um dos cuidados a adotar no projeto, construção e operação do aterro sanitário é evitar o mais possível que o local do aterro seja «lavado» pelas águas de chuva. Isto se consegue com a construção de valas em volta do aterro, que não permitem que as águas de chuva escurram pelo mesmo. A superfície do aterro deve ser bem compactada e com uma declividade mínima de 2%, para evitar a formação de poças de água. A cobertura com vegetação, como grama, é conveniente para diminuir os efeitos da erosão e rompimento da camada final de terra compactas. Com

estes cuidados evita-se o arrastamento direto de lixo para as águas superficiais, ao mesmo tempo que se diminui a infiltração de água, que contribui para a poluição das águas subterrâneas e formação do gás metano, CH<sub>4</sub>, que é combustível e explosivo.

Em certos casos, embora o custo seja elevado, pode-se executar um sistema de drenagem, embaixo do aterro sanitário, o que permite coletar as águas residuárias do aterro; dando-se às mesmas um destino adequado, será minimizado os efeitos na poluição das águas tanto superficiais como subterrâneas.

Os mecanismos básicos pelos quais o aterro sanitário pode poluir as águas subterrâneas são os seguintes:

- Lixiviação direta, horizontal, dos resíduos sólidos pela água subterrânea;
- Lixiviação vertical dos resíduos sólidos pela água de percolação; e
- Transferência de gases produzidos na decomposição dos resíduos sólidos através de difusão e convecção.

A lixiviação direta, horizontal, dos resíduos sólidos pela água subterrânea ocorre quando os resíduos sólidos são depositados em cota inferior ao lençol freático.

A lixiviação vertical dos resíduos sólidos pela água de percolação se dá através do movimento descendente da água de chuva ou de irrigação, bem como da água proveniente do próprio resíduo sólido úmido, durante a operação de compactação.

Para melhor ressaltar os mecanismos básicos pelos quais o aterro sanitário pode poluir as águas subterrâneas transcrevemos de (8) o seguinte:

«El trabajar un relleno sanitario sobre o junto a un depósito de aguas subterranas y cuando el relleno ha sido sobre saturado con agua puede resultar en la contaminación de un depósito de agua potable de las siguientes maneras:

1. por introducción de agua subterranas dentro de el relleno;
2. percolación de agua superficial (riego o lluvia) al relleno y subsecuentemente al depósito de agua potable;
3. percolación de agua resultante de la decomposición y estabilización del relleno;
4. percolación de agua resultante del riego excesivo y sobresaturación del relleno sa-

nitario, durante las operaciones de compactación y densificación».

Os principais gases resultantes da decomposição da matéria orgânica nos aterros sanitários são metano, gás carbônico, amônia e gás sulfídrico. A metano tem a tendência a subir. Esta característica, combinada com sua pouca solubilidade na água resulta em baixo teor de poluição para este material. Os gases restantes tem sido encontrados a distâncias curtas dos aterros sanitários e seus efeitos deletérios são variados.

A experiência de trabalhos feitos em outros países, conforme se verifica nas publicações (1) e (3), tem mostrado que os aterros sanitários podem ocasionar uma poluição biológica, física e química. A poluição biológica, medida através do índice coli, tem sido constatada nos resíduos líquidos dos aterros; assinalamos a este respeito, transcrevendo de (3) o seguinte: «However, it appears the «soil defense» mechanism in the form of unfavorable survival conditions limits their presence to within a few feet of the fill.»

A decomposição da matéria orgânica nos aterros sanitários é uma combinação de processo anaeróbio e aeróbio. A atividade anaeróbia, de eficiência menor, é a que predomina, e resulta em poluição física manifestada através de turbidez, odor (do gás sulfídrico), gosto e cor.

No tocante à poluição química assinalamos que os resíduos sólidos contêm uma grande quantidade de substâncias orgânicas e minerais, capazes de afetar a qualidade da água subterrânea. Naturalmente os resíduos sólidos oriundos de indústrias, podem concorrer bastante para a poluição química. Do mesmo modo os resíduos da incineração do lixo, depositados no solo, também podem concorrer bastante para a poluição química.

Julgamos oportuno transcrever de (2) algumas considerações a respeito da poluição das águas devida a resíduos sólidos: «In an earlier study by the California State Water Pollution Control Board (11), it was concluded that the movement of water through incinerator ash dumps will leach soluble salts and alkalies from the dump. An investigation at a sanitary landfill (12) proved that ground water in the immediate vicinity will become grossly polluted by continuous or intermittent contact with deposited refuse.

Bacterial and organic contamination may be very limited in range, but chemical pollution, that is, mineral salts, may travel some distance before the effects of dilution are evident. Although the passage of landfill leachate through sand or gravel may be expected to improve con-

ditions so far as bacterial and organic pollution is concerned, chemical pollution can be expected to reach the ground water along with percolating water. Therefore, proper location and operating practices that prevent supersaturation of a fill are essential, thus compounding the problem of the engineer out searching for new ground for landfill operations.»

Assinalamos que na produção de composto, que é um adubo obtido a partir do lixo, utilizando-se o processo aeróbico, que é o mais aconselhável, é conveniente a irrigação dos montes de material em fermentação, com resíduos líquidos resultantes dos mesmos; este material auxilia bastante o processo de fermentação, pelo seu alto teor de vida bacteriana.

Contudo, acentuamos que no campo do estudo da poluição das águas pelos resíduos sólidos ainda há muito por fazer. Reforçando o acima exposto, transcrevemos de (1) as conclusões do estudo feito pelos autores em um aterro:

- «1. Ground water in the immediate vicinity of and in direct contact with a refuse landfill exhibited a significant increase (three times) in the concentration of dissolved minerals as determined by specific conductance measurements.
2. In this study, the three most significant parameters of those utilized to show variations in ground water quality were chloride, sodium, and specific conductance.
3. There was a need to determine the extent of travel of the leached ions, the aging of the deposited refuse, and the climatic conditions.»

#### **4. RECOMENDAÇÕES PARA A EXECUÇÃO DE ATÉRROS SANITÁRIOS**

Considerando o acima exposto, bem como tendo em vista que o aterro sanitário é um dos métodos aconselháveis para destino final dos resíduos sólidos e cujo emprêgo deve crescer na maioria dos países, apresentamos as seguintes recomendações básicas no tocante ao projeto, construção e operação dos aterros sanitários, visando a evitar ou minimizar os efeitos na poluição das águas:

1. Os aterros sanitários devem ser devidamente projetados, como toda e qualquer obra de engenharia.

2. Os aterros sanitários devem ser projetados com base no estudo das condições topográficas e geológicas do terreno, visando, entre outros objetivos, evitar ou minimizar os efeitos na poluição das águas, superficiais ou subterrâneas.

3. O projeto do aterro sanitário deve ser aprovado pelas autoridades responsáveis pelo controle da poluição das águas e/ou pelas autoridades sanitárias, antes da sua construção, devendo a operação do mesmo ser devidamente fiscalizada por estas autoridades.

4. No projeto, execução e operação de aterro sanitário deve-se observar, no tocante à poluição das águas, entre outros, os seguintes cuidados:

- a) Os resíduos sólidos nunca devem ser depositados diretamente onde ocorrem as águas subterrâneas. A cota inferior do aterro sanitário deve estar, no mínimo, 2,30 m acima do lençol freático.

- b) Os resíduos sólidos não devem ser depositados sobre ou próximo a fontes e poços de água, ou em locais que permitam que os resíduos líquidos provenientes dos aterros sanitários poluam a água.

- c) A passagem da água superficial, sobre ou através do local do aterro sanitário deve ser diminuída ao máximo, por meio de um sistema adequado de drenagem. A cobertura final do aterro sanitário, bem compactada e de material quase impermeável, dotada de declividade adequada, da ordem, no mínimo de 2%, deve ser completada com a plantação de vegetação, como grama, para evitar os efeitos do escoamento das águas superficiais sobre o aterro sanitário, inclusive ocasionando erosão ou rompimento da mencionada cobertura final.

#### **5. CONCLUSÕES**

Com base no acima exposto apresentamos à consideração do VI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, as seguintes conclusões:

Considerando que os aterros sanitários constituem um dos métodos adequados para o destino final dos resíduos sólidos; considerando que os aterros sanitários podem contribuir para a poluição das águas; considerando que a poluição das águas, superficiais ou subterrâneas, devida aos aterros sanitários ainda não está suficientemente investigada, notadamente entre nós; concluímos:

1. As autoridades responsáveis pelo controle da poluição das águas, em conjunto com as responsáveis pelo destino final dos resíduos sólidos -- lixo, devem promover estudos e pesquisas sobre a forma e condições em que se processa a poluição das águas devida aos aterros sanitários.
2. Os aterros sanitários só podem ser executados, após aprovação do projeto respectivo pelas autoridades responsáveis pelo controle da poluição das águas e/ou pelas autoridades responsáveis pela saúde pública, as quais devem fiscalizar a sua operação.
3. CHEELY, A. H. — The effects of land disposal of solid wastes on ground water quality. Morgantown, College of Engineering. Department of Civil Engineering, 1968.
4. National Research Council. Committee on Solid Waste Management. Policies for solid waste management. Washington, D.C., Public Health Service, 1970.
5. NIXON, R. ... Outlinning Legislative Proposals and Administrative actions taken to improve environmental quality. (Message from President of the United States) Washington, D.C., Public Health Service, 1970.
6. OLIVEIRA, W. E. -- Problema da poluição pelas atividades humanas. (Trabalho apresentado no Seminário sobre Controle da Poluição Industrial das Águas e do Ar. Belo Horizonte, 1970).

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDERSON, J. R. & DORNBUSH, J. N. — Influence of sanitary landfill on ground water quality. *J. Am. Wat. Wks Ass.*, 59(4):457-470, Apr., 1967.
2. ANDERSON, J. R. — The public health aspects of solid waste disposal. *Publ. Hlth. Rep.*, 79: 93-96, 1964.
7. OLIVEIRA, W. E. -- Atuação dos órgãos governamentais na solução do problema do lixo e da limpeza pública. (Trabalho apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Higiene. São Paulo — 1970).
8. SALTZMAN — Aterro Sanitário e outros métodos. Curso Livre sobre Lixo e Limpeza Pública. São Paulo, Faculdade de Higiene e Saúde Pública — 1969. Pt. 7.3.